

DIALOG(R)File 345:Inpadoc/Fam.& Legal Stat

(c) 2003 EPO. All rts. reserv.

12474729

Basic Patent (No,Kind,Date): JP 7099323 A2 19950411 <No. of Patents: 009>

MANUFACTURE OF SEMICONDUCTOR DEVICE (English)

Patent Assignee: SEMICONDUCTOR ENERGY LAB

Author (Inventor): ADACHI HIROKI; GOTOU YUUGO; TAKAYAMA TORU;

MIYANAGA SHOJI; OTANI HISASHI; CHIYOU KOUYUU; TAKEMURA YASUHIKO

IPC: *H01L-029/786; H01L-021/336; H01L-021/20; H01L-021/324; H01L-027/12

CA Abstract No: 123(12)158109K

Language of Document: Japanese

Patent Family:

Patent No	Kind	Date	Applic No	Kind	Date	
JP 7099323	A2	19950411	JP 94197513	A	19940730	(BASIC)
JP 7099324	A2	19950411	JP 94197514	A	19940730	
JP 7146470	A2	19950606	JP 93256569	A	19930920	
JP 2753954	B2	19980520	JP 94197513	A	19940730	
JP 2753955	B2	19980520	JP 94197514	A	19940730	
JP 2782035	B2	19980730	JP 93256569	A	19930920	
KR 165140	B1	19990201	KR 9418974	A	19940801	
US 5492843	A	19960220	US 282598	A	19940729	
US 5837619	A	19981117	US 552678	A	19951103	

Priority Data (No,Kind,Date):

JP 94197513 A 19940730
JP 93209053 A 19930731
JP 94197514 A 19940730
JP 93209055 A 19930731
JP 93256569 A 19930920
JP 93209053 A1 19930731
JP 93209055 A1 19930731
US 552678 A 19951103
US 282598 A3 19940729

DIALOG(R)File 347:JAPIO

(c) 2003 JPO & JAPIO. All rts. reserv.

04853870 **Image available**

HEAT TREATMENT METHOD

PUB. NO.: 07-146470 [JP 7146470 A]

PUBLISHED: June 06, 1995 (19950606)

INVENTOR(s): CHIYOU KOUYUU

TAKAYAMA TORU

ADACHI HIROKI

APPLICANT(s): SEMICONDUCTOR ENERGY LAB CO LTD [470730] (A Japanese Company or Corporation), JP (Japan)

APPL. NO.: 05-256569 [JP 93256569]

FILED: September 20, 1993 (19930920)

INTL CLASS: [6] G02F-001/1333; G02F-001/136; H01L-021/22; H01L-021/324;
H01L-029/786; H01L-021/336

JAPIO CLASS: 29.2 (PRECISION INSTRUMENTS -- Optical Equipment); 42.2
(ELECTRONICS -- Solid State Components)

JAPIO KEYWORD:R002 (LASERS); R004 (PLASMA)

ABSTRACT

PURPOSE: To solve problem of a glass base board shrinkage or deflection by holding the base board approximately horizontally, and heating it.

CONSTITUTION: A reaction tube 11 made of quartz, a base board holding means 12, and a base board 13 arranged horizontally constitute a device for use with the heating processing method, which is further fitted with a heater for applying heat to the reaction tube 11 externally. A means to supply a certain gas to the reaction tube is equipped, and also a means to move the base board holding means to the outside from the reaction tube is furnished. The glass base board is held horizontally for preventing it from deflecting and losing its flatness through a heating process. This configuration works effectively in the case which requires a process where a temperature over a distortion point is applied to the base board. If the base board is not to be shrunk in the heating process, it should previously undergo a heating process (pre-heating) to make a shrinkage so that shrinking in the later heating process is reduced.

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開平7-146470

(43) 公開日 平成7年(1995)6月6日

(51) Int.Cl. ⁸	識別記号	庁内整理番号	F I	技術表示箇所
G 0 2 F 1/1333	5 0 0			
1/136	5 0 0			
H 0 1 L 21/22		E 9278-4M		
21/324		Z		
		9056-4M		
			H 0 1 L 29/ 78	3 1 1 Y
			審査請求 有	請求項の数17 F D (全 10 頁) 最終頁に続く

(21) 出願番号 特願平5-256569

(22) 出願日 平成5年(1993)9月20日

(71) 出願人 000153878

株式会社半導体エネルギー研究所
神奈川県厚木市長谷398番地

(72) 発明者 張 宏勇

神奈川県厚木市長谷398番地 株式会社半
導体エネルギー研究所内

(72) 発明者 高山 徹

神奈川県厚木市長谷398番地 株式会社半
導体エネルギー研究所内

(72) 発明者 安達 広樹

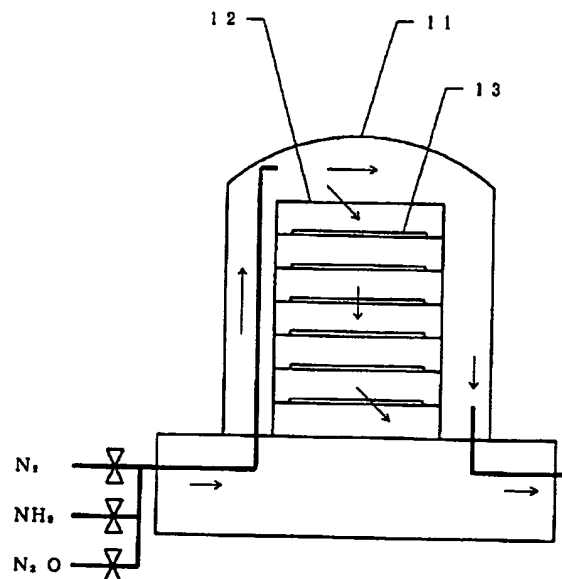
神奈川県厚木市長谷398番地 株式会社半
導体エネルギー研究所内

(54) 【発明の名称】 加熱処理方法

(57) 【要約】

【目的】 ガラス基板の熱処理（成膜、結晶成長、酸化等で、特にガラス基板の歪み点付近もしくはそれ以上の温度でおこなわれる場合）工程において、良好な基板処理手段・方法を提供する。

【構成】 基板を概略水平に保持して加熱することによって、基板のそりやたわみ、うねりを減らす。



【特許請求の範囲】

【請求項 1】 基板を概略水平に保持して加熱する工程を有することを特徴とする加熱処理方法。

【請求項 2】 請求項 1 において、基板はその面が水平面から±30度以内の角度で保持されていることを特徴とする加熱処理方法。

【請求項 3】 請求項 1 において、基板としてガラス基板を用い、加熱温度は、基板の歪み点以上の温度で行われることを特徴とする加熱処理方法。

【請求項 4】 請求項 3 において、ガラス基板にはバッファ層が形成されていることを特徴とする加熱処理方法。

【請求項 5】 請求項 4 において、バッファ層は酸化珪素膜であることを特徴とする加熱処理方法。

【請求項 6】 請求項 1 において、加熱処理後、窒素、アンモニア、亜酸化窒素を含む雰囲気中で、0.01～0.5℃/分の速度で徐冷し、基板を収縮させることを特徴とする加熱処理方法。

【請求項 7】 請求項 1 において、加熱処理後、当該加熱処理より低い温度で第2の加熱処理を行い、ガラス歪み温度付近を10℃/分～300℃/分の冷却速度で急冷することを特徴とする加熱処理方法。

【請求項 8】 請求項 1 において、基板としてガラス基板を用い、該ガラス基板には、バッファ層が形成され、該バッファ層上には、珪素膜が形成されていることを特徴とする加熱処理方法。

【請求項 9】 請求項 8 において、珪素膜には結晶化を促進する不純物が添加されており、前記珪素膜は加熱により結晶化されることを特徴とする加熱処理方法。

【請求項 10】 請求項 1 において、基板には島状に形成された珪素膜が設けられていることを特徴とする加熱処理方法。

【請求項 11】 請求項 1 において、基板としてガラス基板を用い、該ガラス基板には、バッファ層が形成され、該バッファ層上には、珪素膜が形成されており、該珪素膜を利用して薄膜トランジスタが形成されていることを特徴とする加熱処理方法。

【請求項 12】 請求項 1 において、基板には島状に形成された珪素膜が形成されており、加熱工程を酸化性雰囲気中で行うことによって、珪素膜上に酸化膜を形成することを特徴とする加熱処理方法。

【請求項 13】 ガラス基板上の半導体装置の作製方法であって、半導体装置の形成に先立ち、その後のプロセス温度より高い温度でガラス基板を熱処理し、窒素、アンモニア、亜酸化窒素を含む雰囲気中で0.01～0.5℃/分の速度で徐冷する工程を有し、

該工程は、ガラス基板を概略水平に保持して行われることを特徴とする基板処理方法。

【請求項 14】 請求項 13 において、ガラス基板はその面が水平面に対して±30度以内の角度で保持されていることを特徴とする基板処理方法。

【請求項 15】 ガラス基板を加熱処理し、0.01～0.5℃/分の速度で徐冷する工程と、

該工程において加熱処理したガラス基板上に非晶質珪素膜を形成する工程と、加熱処理することにより、前記非晶質珪素膜を結晶化させ、2℃/分以上の速度で冷却する工程と、

を有することを特徴とする基板処理方法。

【請求項 16】 請求項 15 において、ガラス基板が概略水平に保持されて加熱処理されることを特徴とする基板処理方法。

【請求項 17】 請求項 15 において、概略水平とはその面が水平面から±30度以内の角度に保持されることを特徴とする基板処理方法。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【産業上の利用分野】 本発明は、ガラス基板上に形成される薄膜半導体装置の作製方法に関する。特に、加熱処理を従う工程に関する。

【0002】

【従来の技術】 ガラス基板上に形成される薄膜半導体装置として、薄膜トランジスタ（以下TFTという）が知られている。このようなガラス基板上に形成されたTFTは、液晶表示装置の画素駆動部分や周辺回路に配置され、高画像表示をさせる場合に利用される。また、イメージセンサやその他集積回路にも利用される。

【0003】 基板としてガラス基板を用いることは、
・ 光学的に可視光線に対しては透光性であるので、液晶表示装置のように光が装置中を透過する場合に利用しやすい。

・ 価格が安い。

といった有用性があるが、ガラス基板の耐熱温度で、熱処理温度の上限が制限されるという問題がある。

【0004】 ガラス基板としては、ガラス基板中からの不純物の析出の問題、価格の問題等からコーニング7059ガラスが一般に用いられる。この7059ガラスの転移点温度は、628℃であり、歪点は593℃である。他の、歪み点が550～650℃の実用的な工業用ガラス材料としては表1に示されるものが知られている。

【0005】

【表1】

3

4

		7059D(CGW)	7059F(CGW)	1733 (CGW)	LE30(HOYA)
歪み点 (°C)		593	593	640	625
熱膨張係数 ($\times 10^{-7}$)		50.1	50.1	36.5	38.0
透過率 (%)		89.5 (400nm)	89.5 (400nm)	91.9 (400nm)	90.0 (450nm)
組成	SiO ₂	49	49	57	60
	Al ₂ O ₃	10	10	16	15
	B ₂ O ₃	15	15	11	6
	R ₂ O			0.1	2

		TRC5(OHARA)	E-8(OHARA)	N-0(NEG)	OA2 (NEG)
歪み点 (°C)			643		625
熱膨張係数 ($\times 10^{-7}$)		52.0	37.0	-7.0	38.0
透過率 (%)		N. A.	91.0 (450nm)	N. A.	90.0 (450nm)
組成	SiO ₂		59		60
	Al ₂ O ₃		15		15
	B ₂ O ₃		7		6
	R ₂ O		1		2

		AN1 (AGC)	AN2(AGC)	NA35(HOYA)	NA45(HOYA)
歪み点 (°C)		625	616	650	610
熱膨張係数 ($\times 10^{-7}$)		44.0	47.0	39.0	48.0
透過率 (%)		90.0 (500nm)	89.8 (500nm)	N. A.	N. A.
組成	SiO ₂	56	53		51
	Al ₂ O ₃	15	11		11
	B ₂ O ₃	2	12		13
	R ₂ O	0.1	0.1		0.1

【0006】一方、ガラス基板上に気相法で形成された非晶質珪素膜を加熱により結晶化させる場合、例えば600℃以上の温度が必要とされており、7059ガラス基板を用いた場合、基板が加熱によって縮んでしまう。

【0007】ガラス基板上に形成されたTFTを利用した装置としては、アクティブマトリックス型の液晶表示装置が知られているが、この場合、ガラス基板上に数万～数百万個のTFTをマトリックス状に形成する必要がある。TFTを形成するには、多数のマクスを用いたプロセスが必要になる訳で、基板の縮みの問題は、作製工程上の大きな障害となる。

【0008】特に、加熱処理前にマスク合わせを行なう必要がある場合には、加熱処理に従う基板の収縮が生じることには問題がある。一方、基板を加熱処理する工程は、処理速度の問題から、基板を鉛直に複数枚立てて加熱炉内に配置されるのが普通であるが、基板の歪点温度以上の加熱処理においては基板の撓みが顕著になってし

まう。

【0009】

【発明が解決しようとする課題】本発明は、ガラス基板を用いた半導体装置の作製に際する加熱工程における

- ・ガラス基板の縮みの問題
 - ・ガラス基板の撓み（たわみ）の問題
- を解決することを発明の目的とする。

【0010】

【課題を解決するための手段】本発明においては、ガラス基板の加熱処理時における基板の撓みの問題を解決するために、ガラス基板を概略水平に保持して加熱処理することを特徴とする。この基板を概略水平に保持して加熱処理を行う装置の一例を図1に示す。図1に示すのは、加熱炉の概略を示すものであり、石英製の反応管11、基板保持手段（基板ホルダー）12、水平に配置された基板13が示されている。また、図には示されていないが、この装置は外部から反応管11を加熱するため

のヒーターが備えられている。また、反応管内に所定のガスを供給する手段、基板保持手段を反応管から外部に移動させる手段を備えている。

【0011】図1には、基板保持部分12にガラス基板13が水平に保持されている状態が示されている。ここでガラス基板を水平に保持するのは、基板を水平に保持して加熱処理することによって、基板が撓み、その平面性が損なわれることを防ぐためである。上記のような構成は、ガラス基板に歪点以上の温度が加わる工程が必要とされる場合に有用である。

【0012】また、加熱工程においてガラス基板を縮ませたくない場合に、ガラス基板を予め加熱処理（前熱処理）して収縮させておき、後の加熱工程における収縮を低減させる方法がある。本発明者らの実験によれば、この前熱処理をガラス基板の転移点温度以上で行い、しかも熱処理後に徐冷させた場合、ガラス基板が大きく縮み、そしてその後の加熱工程をガラス基板の転移点温度以下で行い、しかもこの熱処理後に急冷した場合、ガラス基板がほとんど縮まないことが判明した。

【0013】上記前熱処理は、ガラス基板を0.01～0.5℃/分、例えば、0.2℃/分以下の速度でゆっくりと冷却することが重要である。ガラス基板は、加熱することによって縮む、特に加熱終了後にゆっくりと冷却すると、極めて大きく縮むと同時にガラス基板内での局所的な応力が緩和される。その結果、大きく縮ませれば縮ませる程、後の加熱工程における基板の縮みは小さくなる。また、この加熱処理温度が高い程、その効果も大きくなる。

【0014】また、上記前熱処理後に行なわれる成膜、結晶成長、酸化等に必要な加熱処理においては、加熱後10℃/分～300℃/分の速度で急冷することが重要である。特にガラス材料の歪み点付近の±100℃においては、上記の速度で急冷するとガラス材料の伸縮を抑制することができた。例えば、コーニング7059ガラスでは493～693℃での処理温度が必要なプロセスにおいては、493℃までは、少なくとも急冷することが、さらなる縮み（場合によっては伸び）を30ppm以下に抑える上で有効である。

【0015】前熱処理後に行なわれる加熱処理工程としては、当該ガラス基板上に形成された非晶質半導体の加熱による結晶化、当該ガラス基板上に形成された半導体膜や半導体装置に対する熱アニール、当該ガラス基板上に半導体膜や絶縁膜を形成する際に必要とされる加熱処理、等々のガラス基板に対して熱が加えられる工程を挙げることができる。上記において説明したガラス基板を予め縮ませておくための加熱処理（前熱処理）は、その後に行われる加熱工程における加熱温度よりも高い温度行うことが必要である。

【0016】ガラス基板上に直接、あるいは酸化珪素等のバッファー介して非晶質珪素膜を形成し、600℃程

度の加熱により結晶化させる技術が知られているが、本発明者らによる研究によると、非晶質珪素膜中に結晶化を促進する不純物としてNiやPb、さらにはSiを導入することによって、600℃以下の温度でも非晶質珪素膜の結晶化を行なうことができ、しかもこの結晶化を促進する不純物であるNiやPbさらにはSiを選択的に導入することによって、基板と平行な方向への結晶成長や、選択的な結晶成長が行なえることが判明している。

10 【0017】このような工程を採用する場合、加熱による結晶化を行なう前に、不純物を選択的に導入するために、マスク合わせを行なう工程が必要になる。従って、この場合、これらのその後の加熱工程におけるガラス基板の縮み（ガラスによっては伸縮に異方性があるものがある）を最小（少なくとも30ppm以下）に抑える本願発明を有効に利用することができる。また、酸化性雰囲気中における加熱によって、半導体表面に酸化膜を形成する際（一般に熱酸化といわれる）にも本願発明は有用である。また、成膜せんとする原材料を含む雰囲気中での加熱によって、所定の皮膜を形成する際にも有効である。

【0018】

【実施例】

【実施例1】本実施例は図2（A）～（D）に示されるガラス基板上に形成された結晶性珪素膜を用いたPチャネル型TFT（PTFTという）とNチャネル型TFT（NTFTという）とを相補型に組み合わせた回路を形成する例である。本実施例の構成は、アクティブ型の液晶表示装置の画素電極のスイッチング素子や周辺ドライバ回路、さらにはイメージセンサや3次元集積回路に応用することができる。

30 【0019】本実施例においては、基板としてコーニング7059ガラスを用いる。まず、ガラス基板を前熱処理する。この工程は、コーニング7059ガラスの歪み点（593℃）より高い640℃の温度で4時間行う。この工程は、図1に示す加熱炉を用い、基板13を複数、水平に保持して行うものである。加熱処理雰囲気は窒素雰囲気（常圧）とする。この熱処理は、基板の湾曲を防ぐために、水平から±30度以下の角度で行なうことが望ましい。

40 【0020】加熱処理終了後は、0.01～0.5℃/分の間の速度、例えば、0.2℃/分の速度でガラス基板を冷却する。この冷却速度の制御は、窒素ガス（N₂）、アンモニア（NH₃）、亜酸化窒素（N₂O）等の窒素を含むガスを用い、その流入量を変化させることによって行う。この徐冷工程において、ガラス基板においては1000ppm以上の縮みが生ずる。さらに、この前熱処理後における冷却の際、窒素、アンモニア、亜酸化窒素を用いれば、これらのガスによってガラス基板の表面近傍を窒化させることができる。すると、

ガラスの不純物であるホウ素、バリウム、ナトリウム等が後工程で形成される半導体中に析出することを防ぐことができ、信頼性の高い半導体デバイスを形成するうえで有効であった。

【0021】そして図2に示すように基板（コーニング7059）201上にスパッタリング法またはCVD法によって厚さ2000Åの酸化珪素の下地膜202を形成する。この下地膜の成膜は、前述の前熱処理の前に行ってもよい。そして、プラズマCVD法によって、厚さ300～1500Å、例えば800Åの真性（I型）の非晶質珪素膜203を成膜する。さらに、その上にプラズマCVD法によって厚さ100～800Å、例えば200Åの酸化珪素膜204を堆積する。これは、以下の熱アニール工程において保護膜となり、膜表面の荒れを防止する。（図2（A））

【0022】次に、窒素雰囲気下（大気圧）、600℃で8時間、熱アニールする。この熱アニールによって、非晶質珪素膜203は結晶化され結晶性珪素膜となる。そして、10～300℃/分、例えば、ほぼ50℃/分以上の速度でガラスの歪み点から100℃下の温度まで、すなわち、この場合には493℃まで、急冷を行なう。この際、ガラス基板には、0～44ppmの縮み（平均で20ppm以下）が観察された。なお、この工程も図1に示す加熱炉を用いる。

【0023】一方、ガラス基板に対する640℃の前熱加熱を行わないガラス基板上に下地膜と非晶質珪素膜を形成し、上記のような600℃、8時間の熱アニールを行った場合は、1000ppm以上の縮みが観察された。上記非晶質珪素膜の加熱による結晶化に先立ち、N iやP bを結晶化促進材料として、非晶質珪素膜の上面または下面に成膜したり、また前記材料をイオン注入方によって、非晶質珪素膜中に注入することによって、この結晶化材料を導入した領域から、基板に平行な方向に結晶成長をさせることができる。また、選択的に珪素イオンの注入を行なった場合にも、選択的な結晶成長を行なうことができる。

【0024】このような場合、結晶化のための加熱工程の前にマスクを形成し、成膜やイオン注入工程を行わなくてはならず、加熱工程において基板の縮みが生じることは、極力抑えなければならない。従ってこのような場合には、ガラス基板の縮みを抑えることができる本発明は有効である。本実施例におけるガラス基板（コーニング7059）の縮みのデータを図3に示す。図3に示されているのは、基板を同一条件で前熱処理し、しかる後に下地膜を成膜し、さらに非晶質珪素膜を成膜し、異なる条件において、加熱結晶化を行なった際の基板の最終的な縮みを示したものである。

【0025】図3を見れば明らかなように、ガラス基板の転移点（この場合は628℃）以下での加熱処理、すなわち、少なくともガラス歪み点から上下100℃の範

囲では冷却速度が大きい方が基板の縮みは小さいことが分かる。上記加熱による非晶質珪素膜202の結晶化工程の後に、保護膜204を取り除き、珪素膜202をパターンニングして、TFTの島状の活性層205を形成する。活性層205の大きさはTFTのチャネル長とチャネル幅を考慮して決定される。小さなものでは、50μm×20μm、大きなものでは100μm×1000μmである。

【0026】次に0.6～4μm、ここでは0.8～1.4μmにピークをもつ赤外光を30～180秒照射し、活性層205のアニールを行う。このアニールは、活性層205の結晶性をさらに高めるために行なうものである。この際、赤外光の照射によって、活性層205は800～1300℃、代表的には900～1200℃、例えば1100℃に加熱される。この温度はガラス上の実際の温度ではなく（ガラスは光を透過するため）、モニターとして用いた珪素ウェハー上の温度である。ここでは、活性層の表面の状態を良くするために、照射はH₂ 雰囲気中に行なう。本工程は、活性層を選択的に加熱することになるので、ガラス基板への加熱を最小限に抑えることができる。そして、活性層中の欠陥や不体結合手を減少させるのに非常に効果がある。（図2（B））

【0027】赤外線的光源としてはハロゲンランプを用いた。可視・近赤外光の強度は、モニターの単結晶シリコンウェハー上の温度が800～1300℃、代表的には900～1200℃の間にあるように調整した。具体的には、シリコンウェハーに埋め込んだ熱電対の温度をモニターして、これを赤外線的光源にフィードバックさせた。ガラス基板上の珪素表面の温度は、その約2/3程度に低下しているものと推定される。本実施例では、昇温は、一定で速度は50～200℃/秒、降温は自然冷却の急冷で20～100℃/秒でと処理する。

【0028】なお、赤外光照射の際、その表面に保護膜として酸化珪素または窒化珪素膜を形成しておくことが好ましい。これは、珪素膜205の表面の状態を良くするためである。本実施例では、珪素膜205の表面の状態を良くするために、H₂ 雰囲気中にておこなったが、H₂ 雰囲気に0.1～10容量%のHCl、その他ハロゲン化水素やフッ素や塩素、臭素の化合物を混入してもよい。

【0029】この可視・近赤外光照射は、結晶化した珪素膜を選択的に加熱することになるので、ガラス基板への加熱を最小限に抑えることができる。そして、珪素膜中の欠陥や不体結合手を減少させるのに非常に効果がある。また、この工程が終了したのちに、200～500℃、代表的には350℃で水素アニールをおこなうことも、欠陥を減少させる上で有効である。これは1×10¹³～1×10¹⁵cm⁻²の量の水素のイオンドープをおこなない、さらに200～300℃の熱処理によっても同じ

効果が得られる。

【0030】上記赤外光の照射工程後に、プラズマCVD法によって厚さ1000Åの酸化珪素膜206をゲイト絶縁膜として成膜する。CVDの原料ガスとしてはTEOS（テトラ・エトキシ・シラン、 $\text{Si}(\text{OC}_2\text{H}_5)_4$ ）と酸素とを用い、成膜時の基板温度は300～550℃、例えば400℃とする。このゲイト絶縁膜となる酸化珪素膜206の成膜後に、前記赤外光の照射工程と同じ条件で可視・近赤外線照射による光アニールを再度行なう。このアニールによって、主に酸化珪素膜206と珪素膜205との界面及びその近傍における準位を消滅させることができる。これは、ゲイト絶縁膜とチャネル形成領域との界面特性が極めて重要である絶縁ゲイト型電界効果半導体装置にとっては極めて有用である。

【0031】引き続き、スパッタリング法によって、厚さ6000～8000Å、例えば6000Åのアルミニウム（0.01～0.25重量%の周期律表III aの希土類元素を含む）を成膜する。アルミニウム以外にもIIIB族の元素を用いてもよい。そしてアルミニウム膜をパターニングして、ゲイト電極207、209を形成する。さらに、このアルミニウムの電極の表面を陽極酸化して、表面に酸化物層208、210を形成する。この陽極酸化は、酒石酸が1～5%含まれたエチレングリコール溶液中で行う。得られた酸化物層208、210の厚さは2000Åである。なお、この酸化物208と210とは、後のイオンドーピング工程において、オフセットゲイト領域を形成する厚さとなるので、オフセットゲイト領域の長さを上記陽極酸化工程で決めることができる。

【0032】次に、イオンドーピング法（プラズマドーピング法とも言う）によって、ゲイト電極部（すなわちゲイト電極207とその周囲の酸化層208、ゲイト電極209とその周囲の酸化層210）をマスクとして、自己整合的にPもしくはN導電性を付与する不純物を珪素膜205に添加する。ドーピングガスとして、フォスフィン（ PH_3 ）およびジボラン（ B_2H_6 ）を用い、前者の場合は、加速電圧を60～90kV、例えば80kV、後者の場合は、40～80kV、例えば65kVとする。ドーピング量は $1 \times 10^{14} \sim 8 \times 10^{15} \text{ cm}^{-2}$ 、例えば、燐を $2 \times 10^{15} \text{ cm}^{-2}$ 、ホウ素を 5×10^{15} とする。ドーピングに際しては、一方の領域をフォトレジストで覆うことによって、それぞれの元素を選択的にドーピングする。この結果、N型の不純物領域214と216、P型の不純物領域211と213とが形成され、Pチャネル型TFT（PTFT）の領域とNチャネル型TFT（NTFT）との領域を形成することができる。

【0033】その後、レーザー光の照射によってアニールを行う。レーザー光としては、KrFエキシマレーザー（波長248nm、パルス幅20nsec）を用いた

が、他のレーザーであってもよい。レーザー光の照射条件は、エネルギー密度が200～400mJ/cm²、例えば250mJ/cm²とし、一か所につき2～10ショット、例えば2ショット照射した。このレーザー光の照射時に基板を200～450℃程度に加熱することによって、効果を増大せしめてもよい。（図2（C））

【0034】また、この工程は、可視・近赤外線によるランプアニールによる方法でもよい。可視・近赤外線は結晶化した珪素、または燐またはホウ素が $10^{17} \sim 10^{21} \text{ cm}^{-3}$ 添加された非晶質珪素へは吸収されやすく、1000℃以上の熱アニールにも匹敵する効果的なアニールを行うことができる。燐またはホウ素が添加されていると、その不純物散乱により、近赤外線でも十分光が吸収される。このことは肉眼による観察でも黒色であることから十分に推測がつく。その反面、ガラス基板へは吸収されにくいので、ガラス基板を高温に加熱することがなく、また短時間の処理ですむので、ガラス基板の縮みが問題となる工程においては最適な方法であるといえる。

【0035】続いて、厚さ6000Åの酸化珪素膜217を層間絶縁物としてプラズマCVD法によって形成する。この層間絶縁物としてはポリイミドまたは酸化珪素とポリイミドの2層膜を利用してもよい。さらにコンタクトホールを形成して、金属材料、例えば、窒化チタンとアルミニウムの多層膜によってTFTの電極・配線218、220、219を形成する。最後に、1気圧の水素雰囲気中で350℃、30分のアニールを行い、TFTを相補型に構成した半導体回路を完成させる。（図2（D））

上記に示す回路は、PTFTとNTFTとを相補型に設けたCMOS構造であるが、上記工程において、2つのTFTを同時に作り、中央で切断することにより、独立したTFTを2つ同時に作製することも可能である。

【0036】〔実施例2〕本実施例は、アクティブ型の液晶表示装置において、Nチャネル型TFTをスイッチング素子として各画素に設けた例である。以下においては、一つの画素について説明するが、他に多数（一般には数十万）の画素が同様な構造で形成される。また、Nチャネル型TFTではなくPチャネル型TFTでもよいことはいうまでもない。

【0037】本実施例の作製工程の概略を図4に示す。本実施例において、基板400としてはコーニング7059ガラス基板（厚さ1.1mm、300×400mm）を使用した。まず、スパッタ法もしくは反応性スパッタ法によって窒化アルミニウム膜401を厚さ1000～5000Å、代表的には2000Å形成した。この窒化アルミニウム膜は透明度が高く、また、イオンの移動を抑制するので、基板400から可動イオンがTFT領域に拡散することをブロッキングする上で有効である。さらに下地膜として、酸化珪素膜402をプラズマ

CVD法で2000Åの厚さに形成した。(図示せず)
次に640℃、4時間の加熱処理を窒素中で行い、0.1℃/分の冷却速度でアンモニア中で徐冷させる。この工程は、0.5℃/分以下の速度で行なうと効果があるものである。この工程によって、下地膜が形成されたガラス基板を予め縮ませることができる。また本実施例においても、加熱工程は図1に示す加熱炉を用いた。

【0038】さらに非晶質珪素膜をプラズマCVD法によって、1000Åの厚さに形成する。つぎに、フォトレジストによってマスクを形成し、チャンネル形成領域と
なる部分に珪素イオンを注入する。この際、打ち込まれる珪素イオンの投影飛程が珪素膜の中央付近になるようにする。

【0039】そして、マスクを取り除き、550℃、8時間の熱アニールを行う。この工程において、先に珪素イオンが注入された領域が選択的に結晶化される。そして、この工程の後に、50℃/分以上の冷却速度でもって急冷を行う。この工程は、加熱炉外に基板を取り出し、自然冷却させる方法を採用するのでもよい。

【0040】次に珪素膜をパターニングしてTFETの島状活性層403のみを残存させる。この際、島状活性層403の中央部分が先に珪素イオンを注入した領域であって、チャンネル形成領域を形成する部分である。このような構成を採用するのは、チャンネル形成領域部分を選択的に結晶性の高い構造とするためである。そして、酸素、もしくは亜酸化窒素雰囲気において島状活性層403に可視・近赤外光を照射し、珪素膜の結晶性を向上させるとともに、その表面に厚さ50~200Å、代表的には100Åの酸化珪素膜404を形成させる。温度は1100℃、時間は30秒とした。この酸化珪素膜404を形成する工程は、酸素もしくは亜酸化窒素雰囲気において、550~650℃に加熱しても実施できる。その際には、図1に示す装置を用いて行えばよいことはいうまでもない。(図4(A))

【0041】さらに窒化アルミニウムをターゲットとするスパッタ法、もしくはアルミニウムをターゲットとする反応性スパッタ法によって、窒化アルミニウムのゲート絶縁膜(厚さ500~3000Å、典型的には1200Å)406を形成する。基板温度は350℃とする。この結果、熱酸化による薄い酸化珪素膜404とスパッタ法による窒化アルミニウム膜406の2層構造となる。窒化アルミニウムは酸化珪素の5倍以上の強誘電率であるので、TFETのしきい値電圧、特にPチャンネル型TFETのしきい値電圧を低減するうえで有効である。また、窒化アルミニウムは、窒化珪素とは異なって局在中心を発生する確率が少なく、ゲート絶縁膜材料としては好ましい。次に公知の多結晶珪素を主成分とした膜をLPCVD法で形成し、パターニングを行うことによって、ゲート電極407を形成する。この際、多結晶珪素には導電性を向上させるために不純物として燐を0.1

~5原子%導入する。(図4(B))

【0042】その後、N型の不純物として、燐をイオンドーピング法で注入し、自己整合的にソース領域408、チャンネル形成領域409、ドレイン領域410を同時に形成する。そして、KrFレーザー光を照射することによって、イオン注入のために結晶性の劣化した珪素膜の結晶性を改善させる。このときのレーザー光のエネルギー密度は250~300mJ/cm²とする。このレーザー光の照射によって、このTFETのソース/ドレインのシート抵抗は300~800Ω/cm²となる。なお、通常よりもドーピング濃度を低下させた低濃度ドレイン(LDD)構造とする場合には、シート抵抗は10~200kΩ/□となる。レーザー照射によるアニールの工程は可視・近赤外光のランプアニールによって行ってもよい。

【0043】その後、酸化珪素またはポリイミドによって層間絶縁物411を形成し、さらに、画素電極412をITOによって形成する。そして、コンタクトホールを形成して、TFETのソース/ドレイン領域にクロム/アルミニウム多層膜で電極413、414を形成し、このうち一方の電極414はITO412にも接続するようにする。最後に、水素中で200~400℃で2時間アニールして、水素化を行なう。このようにして、TFETを完成する。(図4(C))

【0044】〔実施例3〕図5を用いて、本実施例を説明する。基板は、ガラス歪み温度が550~650℃のガラス基板、例えばコーニング7059を用い、収縮防止のために、事前に640℃で窒素中で4時間アニールした後、0.1℃/分で450℃まで窒素中で徐冷した後、加熱炉から取り出したものを使用した。

【0045】まず基板501上に下地膜502を形成し、さらに、プラズマCVD法によって厚さ300~800Åの非晶質珪素膜を成膜した。そして、600℃、1時間の加熱アニールを行った。熱アニール後、基板を2~200℃/秒の速度、好ましくは10℃/秒以上の速度で450℃までは急激に冷却した。これは、この熱アニール工程によって、基板が収縮することを防止するためである。このような急激な冷却が不可能な加熱炉においては、基板を炉外に取り出して、室温に放置することによっても同様な効果が得られる。なお、本実施例においても加熱工程は、図1に示す加熱炉を用いた。

【0046】本実施例では、熱アニール温度が、コーニング7059の歪点(593℃)よりも高いために、事前に熱処理/徐冷処理をおこなっても、基板の収縮を抑えるとは難しかった。そのような場合には、以上のようなアニール温度からの急冷が有効である。次に、珪素膜をパターニングして、島状の活性層領域505および506を形成する。活性層のエッチングは垂直方向に異方性を有するRIE法によって行った。(図5(A))

【0047】次いで、厚さ200~3000Åの厚さの

酸化珪素または窒化珪素膜507をプラズマCVD法によって形成する。酸化珪素膜の形成には、減圧CVDや光CVDを用いてもよい。そして、可視・近赤外光の光処理を行なう。条件は実施例1と同じとする。本実施例では可視・近赤外光照射の際に、酸化珪素または窒化珪素の保護膜が活性層の表面に形成されており、このため、赤外光照射の際の表面の荒れや汚染を防止することができる。(図5(B))

【0048】可視・近赤外光照射後、保護膜507を除去する。この後は実施例1と同様にゲイト絶縁膜508、ゲイト電極及びその周囲の酸化物層509、ゲイト電極及びその周囲の酸化物層510を形成し、イオンドーピング法によって、不純物領域を形成し、これをレーザー照射によって活性化させる。(図5(C))

【0049】さらに、層間絶縁物511を形成して、これにコンタクトホールを形成し、メタル配線512、513、514を形成する。(図5(D))

このようにして、相補型TFT回路を形成する。本実施例では可視・近赤外光照射の際に活性層の表面に保護膜が形成されており、表面の荒れや汚染が防止される。このため、本実施例のTFTの特性(電界移動度やしきい値電圧)および信頼性は極めて良好であった。また、本実施例からも明らかなように、本発明はガラス歪み点が550~650℃の基板材料において、特に有効であった。さらに、本発明においては、徐冷工程を窒素、アンモニア、亜酸化窒素等の窒素系の気体を含む雰囲気中でおこなうと、ガラスを窒化させることになり、ガラスに含有される各種不純物元素がガラス表面に拡散、析出することを抑制できるので、半導体素子を形成するうえで、高い信頼性を得ることができた。

【0050】

【発明の効果】ガラス基板を予め転移点温度以上の温度で熱処理し、しかもこの熱処理後に徐冷することによって、基板を収縮させ、その後にガラス基板の歪み温度以下の温度における熱処理を行ない、さらに急冷することによって、この際におけるガラス基板の縮みを最小限度に抑えることができる。本発明の実施例においては、主

としてコーニング7059ガラス基板を中心に説明を加えたが、その他のガラス基板、例えば、表1にあるようなコーニング1733、HOYA・LE30、同NA35、同NA45、日本電気ガラスOA2、アサヒガラスAN1、同AN2というような材料であっても同様に効果が得られることはいうまでもない。

【図面の簡単な説明】

【図1】 加熱炉の構成を示す。

【図2】 実施例の作製工程を示す。

【図3】 ガラス基板の縮みのデータを示す。

【図4】 実施例の作製工程を示す。

【図5】 実施例の作製工程を示す。

【符号の説明】

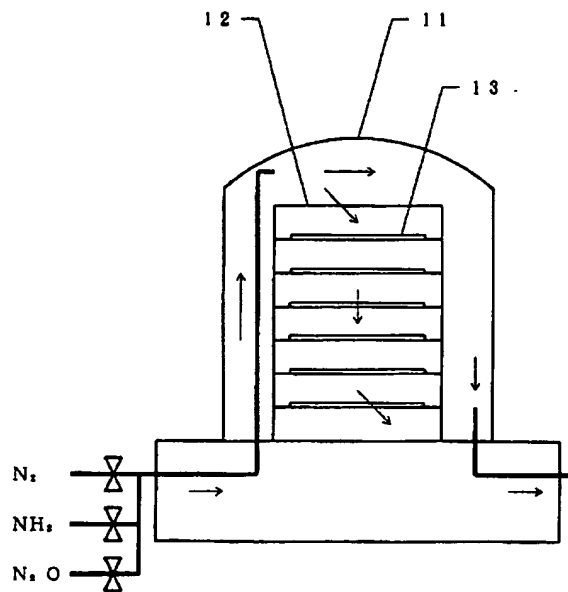
11	反応管
12	基板保持手段
13	基板
201	ガラス基板
202	下地膜(酸化珪素膜)
203	珪素膜
204	酸化珪素膜
205	島状珪素膜(活性層)
206	ゲイト絶縁膜(酸化珪素膜)
207	ゲイト電極(アルミニウム)
208	陽極酸化層(酸化アルミニウム)
209	ゲイト電極
210	陽極酸化層
211	ソース(ドレイン)領域
212	チャネル形成領域
213	ドレイン(ソース)領域
214	ソース(ドレイン)領域
215	チャネル形成領域
216	ドレイン(ソース)領域
217	層間絶縁物
218	電極
219	電極
220	電極

【図3】

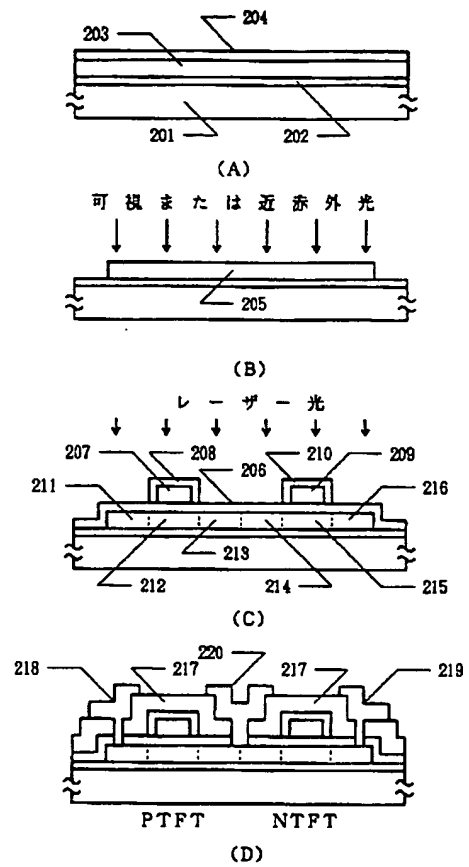
各処理条件におけるガラス基板の縮み

基板前熱処理 640℃・4hr	加熱アニール 800℃・4hr	基板の縮み(ppm)
徐冷(0.2℃/分)	急冷 (50℃/分)	0(測定限界以下)~44
	通常冷却 (1~2℃/分)	60~90
	徐冷 (0.2℃/分)	300

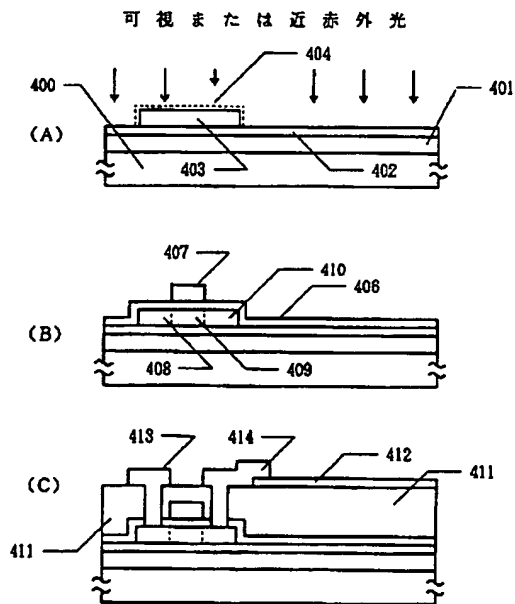
【図1】



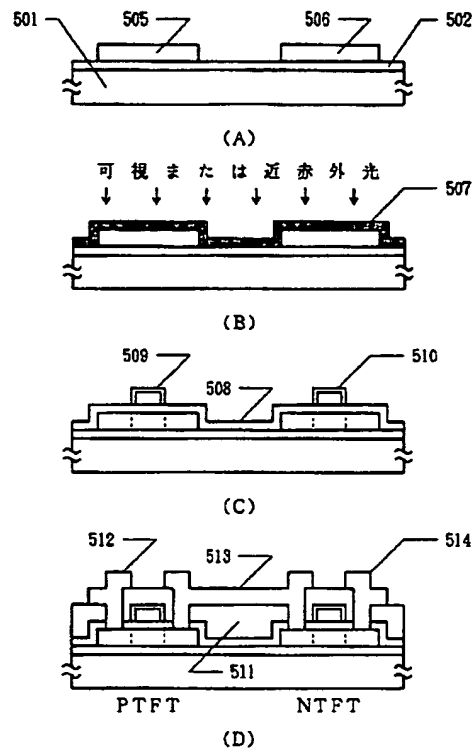
【図2】



【図4】



【図 5】



フロントページの続き

(51) Int. Cl. 6

H 0 1 L 29/786

21/336

識別記号

庁内整理番号

F I

技術表示箇所